

УДК 621.316.925

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПЕРЕСЧЕТ УСТАВОК ТОКОВОЙ ОТСЕЧКИ

И. О. Овчаров¹, Г. С. Шабалин²

^{1,2} Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

¹ ioovch@mail.ru

Аннотация. В статье изложен способ расчета автоматических уставок одного из видов защит — токовой отсечки. Поясняется значимость создания алгоритмов автоматического расчета тока, с помощью которых обеспечивается правильное срабатывание защит. Предложено решение проблемы выбора уставок токовой отсечки при потере одного из источников питания или изменения электродвижущей силы балансирующего узла путем создания функции зависимости тока срабатывания защиты от измеряемых параметров.

Ключевые слова: алгоритм автоматического выбора уставок, релейная защита, токовая отсечка, автоматические системы управления

AUTOMATIC RECALCULATION OF CURRENT CUT-OFF SETTINGS

I. O. Ovcharov¹, G. S. Shabalin²

^{1,2} Ural Federal University named after the First
President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

¹ ioovch@mail.ru

Abstract. The article describes a method for calculating automatic setpoints one the types protection, current cut-off. It explains the importance creating algorithms for automatic calculation the protection response current, which ensure their correct operation. A solution to the problem selecting current cut-off settings when one the power sources is lost or the EMF the balancing node changes is proposed by creating a function the protection response current dependence on the measured parameters.

Keywords: algorithm an automatic choice setting, relay protection, instantaneous overcurrent, the automatic control system

При эксплуатации энергосистема может находиться в различных состояниях, характеризующих ее работу. Релейная защита (РЗ) осуществляет непрерывный контроль состояния защищаемого участка системы и реагирует на возникновение повреждений и ненормальных режимов [1]. Срабатывание защиты зависит от уставки — заданного значения характеристической величины, при котором выполняются все требования предъявляемым к ней.

Появление короткого замыкания (КЗ) несет за собой отключение элемента, тем самым меняя структуру сети. Неправильная настройка РЗ в случае отключения элемента может привести к тяжелым последствиям, таким как каскадные аварии с длительным сроком восстановления и большими финансовыми затратами.

В статье рассматривается РЗ на примере токовой отсечки (ТО), назначение которой — максимально быстрая ликвидация коротких замыканий, возникающих в начале рабочей зоны [2]. Селективность двухступенчатых ТО обеспечивается выбором необходимой величины тока срабатывания, а также выдержкой времени. Ток срабатывания защиты проверяется на зону действия первой ступени защиты, а также чувствительность второй ступени [3]. Расчеты проводятся на схеме (рис. 1) радиальной сети с двумя источниками [4]. Подстанции ПС1, ПС2, ПС3, ПС4 связаны с двумя системами С1 и С2 линии электропередач (ЛЭП). ТО установлены на линии Л3, Л4, Л5. Нарушение происходит при отключении Л2.

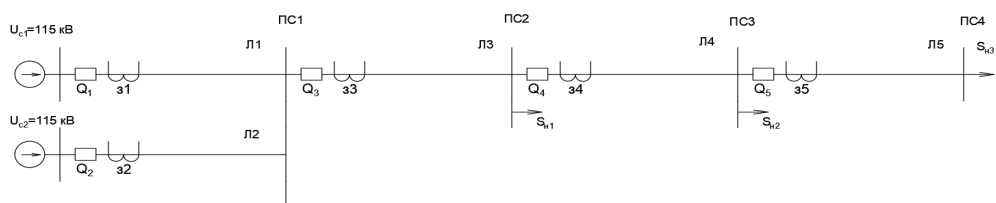


Рис. 1. Схема расчета токовой отсечки

При обычном выборе уставок ТО невозможно отстроиться от состава питающих источников. В табл. 1 выделены полужирным начертанием случаи, при которых ток защиты удовлетворяет ранее указанным требованиям; прямым начертанием обозначены случаи, при которых эти требования нарушаются.

Таблица 1

Расчет токов срабатывания при различном составе источников

Номер защиты		$I_{сз}^{(I)}, \text{кА}$	$I_{сз}^{(II)}, \text{кА}$	Питание от С1 и С2		Питание от С1	
				$Z_{отс. \%}^{(I)}$	$k_{ч}$	$Z_{отс. \%}^{(I)}$	$k_{ч}$
Защита 3	Макс. $I_{сз}$	1,117	0,832	82,12	2,25	–83,7	0,89
	Мин. $I_{сз}$	0,539	0,522	264,25	3,59	66,35	1,43

Изменение напряжения на ПС1 может происходить не только при изменении состава источников — необходимо также учитывать возможность изменения режима внешней сети, выражающейся в изменении напряжения источников питания. Обычный выбор уставок ТО не позволяет отстроиться от напряжения питающих источников и нагрузки сети. В табл. 2 полужирным начертанием выделены случаи, при которых использование уставок тока срабатывания удовлетворяет ранее указанным требованиям, прямым — при которых эти требования нарушаются [4].

Таблица 2

Расчет токов срабатывания при различных ЭДС системы

Номер защиты		$I_{сз}^{(I)}, \text{кА}$	$I_{сз}^{(II)}, \text{кА}$	$U_c = 120 \text{ кВ}$		$U_c = 105 \text{ кВ}$	
				$Z_{отс. \%}^{(I)}$	$k_{ч}$	$Z_{отс. \%}^{(I)}$	$k_{ч}$
Защита 3	max $I_{сз}$	0,619	0,545	66,17	1,49	26,22	1,31
	min $I_{сз}$	0,541	0,476	112,3	1,64	66,35	1,43

Чтобы составить функцию, необходимо при разных значениях напряжения базисных узлов выполнить расчет напряжения ПС1 и токов срабатывания всех защит. Полученные результаты расчета зависимости, на примере первой ступени Защиты 3 расположенной на ПС1, представлены на рис. 2. По этим данным была проведена линейная аппроксимация и составлены функции $I_{сз} = f(U_{ПС1})$ при различной нагрузочной мощности.

Полученные уравнения для разных мощностей имеют близкий по значению коэффициент наклона линии, а также свободный член уравнения, что можно использовать и составить функцию зависимости свободного члена уравнения от нагрузочной мощности.

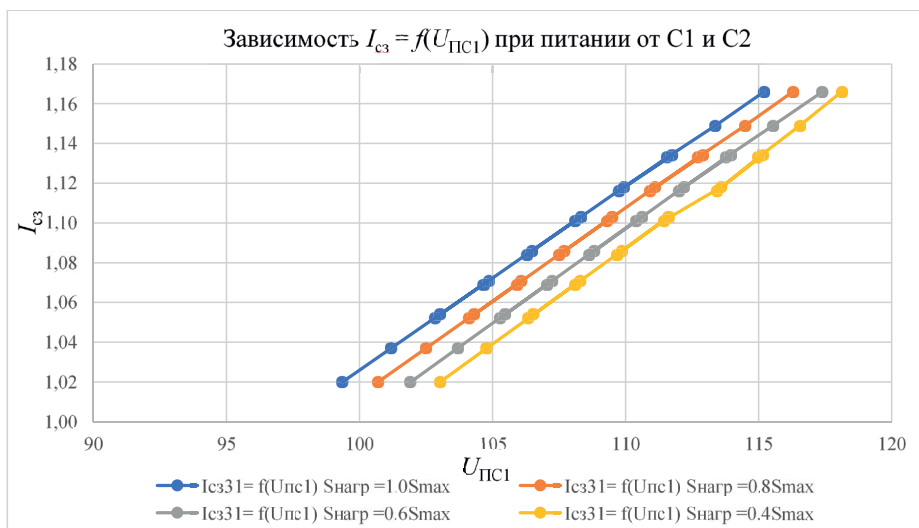


Рис. 2. Графическое построение зависимости $I_{сз} = f(U_{Пс1})$

В результате для первой ступени Защиты 3 была получена следующая функция для расчета тока срабатывания защиты

$$I_{сз3}^{(I)} = f(U_{Пс1}; S_{нагр}) = 0,0094 \cdot U_{Пс1} + 0,0045 \cdot S_{нагр} + 0,0009 \cdot \#$$

Функции, используемые при создании алгоритма (рис. 3), составляются аналогично. В качестве исходных данных используются контроль присоединений С1 и С2, а также снятые с трансформаторов значения тока и мощности. Расчет по заданному алгоритму позволяет учесть различные отклонения системы от нормального режима.

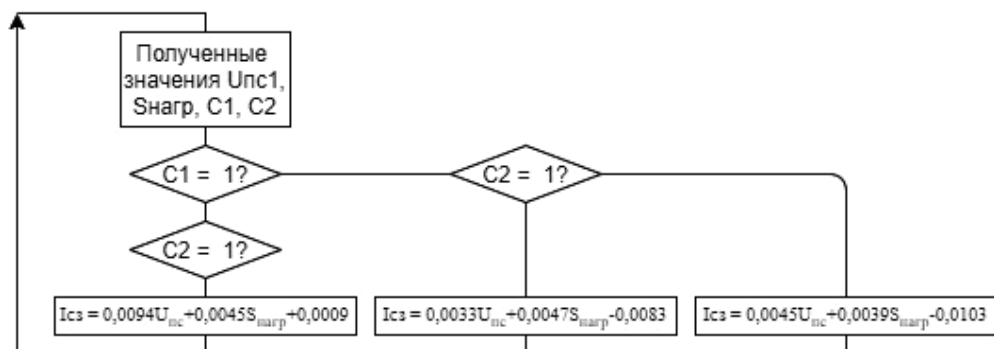


Рис. 3. Алгоритм выбора уставок

Таким образом, описана проблема выбора уставок ТО и предложен путь ее решения на основе создания алгоритма автоматического выбора уставок, который позволяет учесть требования к современным устройствам релейной защиты и автоматики (РЗА) и повысить их надежность. Алгоритм может использоваться на практике, для реализации на централизованном устройстве цифровой подстанции, а также в терминалах РЗА в качестве дополнительной функции. Также адаптивная РЗ повысит эффективность организации энергосистемы за счет снижения продолжительности и частоты технологических возмущений, тем самым приведет к росту ее эффективности в части расхода ресурсов, в том числе и энергетических, используемых при ее функционировании.

Список источников

1. Шабад М. А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. СПб. : ПЭИПК, 2010. 350 с.
2. Богатырев Л. Л., Богданова Л. Ф., Паздерин А. В. Релейная защита ЭЭС. Ч. 2. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2006. 44 с.
3. СТО 17330282.29.240.004—2008. Правила предотвращения развития и ликвидации нарушений нормального режима электрической части энергосистем. Доступ из электрон. фонда правовых и норматив.-техн. док. «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200080600/titles> (дата обращения: 08.11.2020).
4. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д. Л. Файбисовича. М. : ЭНАС, 2012. 376 с.